

Union of Soviet  
Socialist Republics

## PATENT SPECIFICATION

(11) 223055

USSR  
State Committee  
on Inventions  
and Discoveries

(61) Supplemental to application ...

(22) Filed 07.07.65 (21) 1021782/23-26  
with addition of application No.

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>:  
B 01 J 19/00

(23) Priority -

Published 06.15.82 Bulletin No. 22

(53) UDC 533.92:66  
.023 (088.8)

Publication date of specification

(72) Inventors:

N.A. Chesnokov, G.P. Stel'makh, A.S. Sakhiyev  
and N.N. Rykalin

(71) Applicant:

---

### (54) A PLASMA-CHEMICAL REACTOR

The invention pertains to plasma apparatus designed to carry out chemical and physical transformations of substances under conditions of low-temperature plasma.

There is a known plasma apparatus with electric arc rotating between coaxial cooled electrodes in the magnetic field of a solenoid. The substances being processed are fed through the rotating arc.

In the existing apparatus, the high-temperature heating zone formed by the rotating arc has a small extent and a sharply defined nonuniformity of the temperature field in the direction perpendicular to the arc. Therefore, the residence time of the substances being processed in the high-temperature volume and the associated depth of transformation of the starting materials, especially when in powderlike form, proves to be inadequate. Furthermore, under conditions of a corrosive environment, the electrodes need intensive cooling in order to prevent them from corroding. This makes it necessary to implement an electric discharge at elevated voltage or to use expendable electrodes. Under conditions of a high-voltage discharge, it is not possible to feed materials producing a rather large conductivity to the processing zone, since this will result in excessive current increase, which is dangerous both to the electrodes and to the electric current source. The use of expendable electrodes makes it possible to implement a low-voltage discharge in the vapor of the electrode material, but it has a very specific nature of application.

In order to create a three-dimensional plasma in the proposed plasma device, the cathode is a plasmatron, while the anode has the shape of a Laval nozzle.

The drawing shows a cross section through the described plasma apparatus.

It consists of a cathode 1, anode 2, solenoid magnet 3, quenching chamber 4, inlets 5 for starting products, a housing 6, and an outlet 7 for the target products.

During operation of the apparatus, the plasma of a low-voltage discharge fills a considerable volume and has geometrical dimensions dictated by the relation  $H > 0.5D$ ,  $D > d$ , where  $H$  and  $D$  are respectively the height and diameter (equivalent diameter) occupied by the plasma, and  $d$  is the diameter of the plasmatron nozzle.

The plasma volume may have a cylindrical, conical, or any other configuration of surface bounded by the rotation about the axis of the apparatus of a line or curve (for example, a curve corresponding to the profile of a Laval nozzle).

The dimensions  $H$ ,  $D$  and  $d$  are found from conditions basically dependent upon the capacity of the plasma apparatus, the nature of the plasma-forming gas, and the properties of the materials being processed.

The low-voltage three-dimensional discharge in the plasma apparatus arises as a result of the fact that the space between the cold electrodes 1 and 2 is filled with conducting gas from the plasmatron.

When the electric field strengths in the column of arc of the plasmatron and in the positive space of the three-dimensional discharge between the cathode and the anode become equal, current will cease to flow to the anode section of the plasmatron and electrons will emerge into the space between the electrodes.

In the volume under the influence of the intersecting electric and magnetic fields, electrons will begin to move in the azimuth and radial directions, and since the relaxation time of the electrons in the volume is much less than the time to move to the anode, the electrons will ionize the gas, creating conditions for conductivity between the electrodes.

When the materials being processed are present in the volume, the flow of electrons will partly surrender its energy directly to carry out the process.

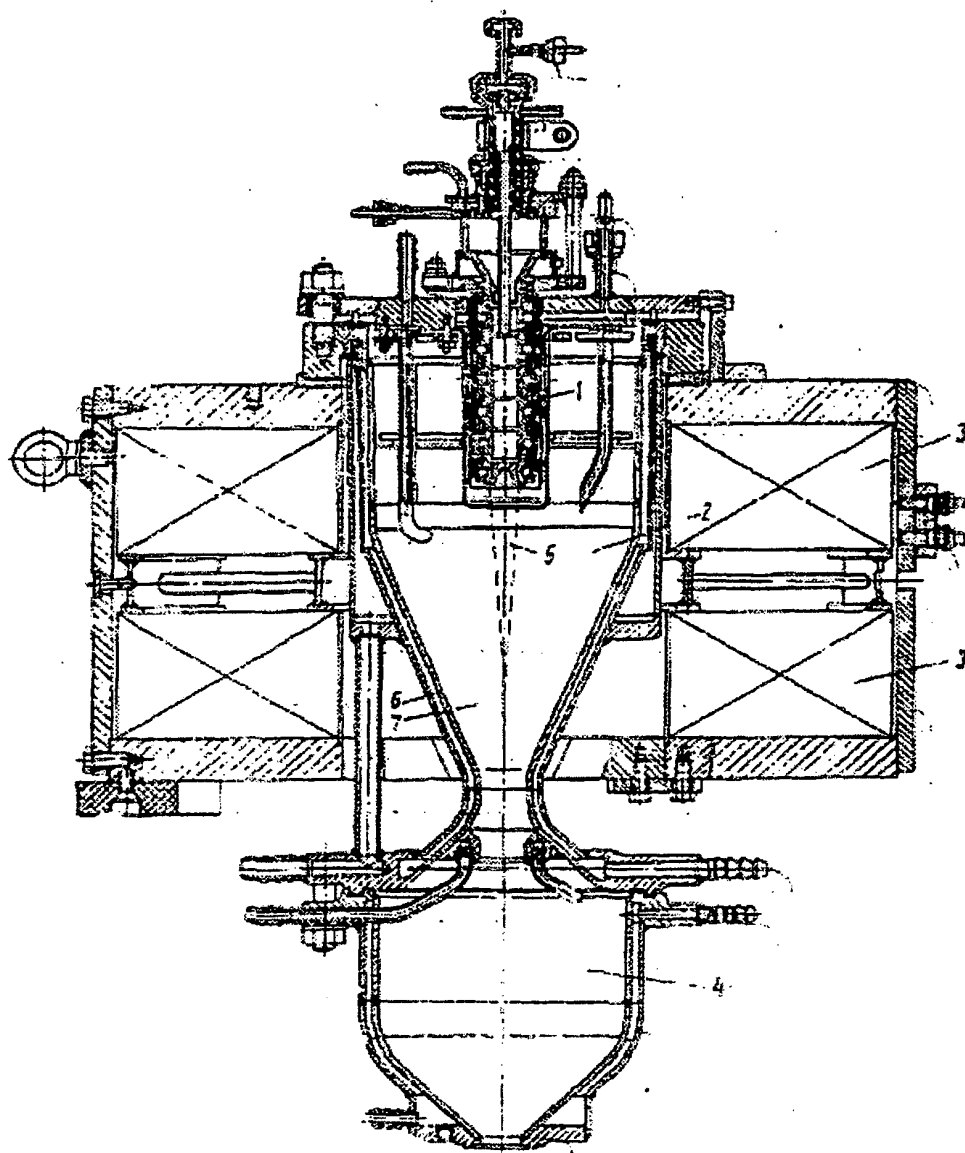
When the electric field strength in the positive space of the three-dimensional discharge is substantially larger than the strength in the column of arc of the plasmatron, the cold cathode will begin to imitate the electrons coming from the anode section of the plasmatron. Such a discharge resembles a discharge between cold electrodes, the only difference being that the discharge under such circumstances is low-voltage.

A peculiarity of the movement of the particles under the influence of the intersecting magnetic and electric fields with axial symmetry is the dependency of the speed of movement of the plasma particles on the radius of the orbit of rotation. Such a dependency fosters a more chaotic rotational motion due to turbulent mixing of the plasma layers traveling at different speed.

The substances being processed, fed to the plasma via inlets 5, are entrained by the plasma, atomized and ionized, participating in the mechanism of formation of the plasma and changing its electrical conductivity. The physico-chemical transformations make use of not only the thermal energy of the plasma gas, but also the energy of the elementary particles (electrons, ions). As a result, the efficiency of processing of the substances increases, thermal losses in the electrodes decrease, and the energy efficiency of the apparatus is improved.

#### PATENT CLAIMS

1. A plasma chemical reactor for carrying out chemical reactions, including a housing, a plasmatron, a cathode, an anode, a solenoid, a quenching chamber, an inlet and outlet for products, characterized in that, to create a three-dimensional plasma, the cathode is a plasmatron.
2. Reactor per Claim 1, characterized in that the anode has the shape of a Laval nozzle.



[printing press address and printing information]



Государственный комитет  
СССР  
по делам изобретений  
и открытий

# О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 223055

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 07.07.65 (21) 1021782/23-26

с присоединенной заявки № —

(23) Приоритет —

Опубликовано 15.06.82. Бюллетень № 22

Дата опубликования описания

(51) М. Кл.<sup>3</sup>  
В 01 J 19/00

(53) УДК 533.92:66.  
.023(088.8)

(72) Авторы  
изобретения

Н. А. Чесноков, Г. П. Стельмах, А. С.  
и Н. Н. Рыкалин

(71) Заявитель

(54) ПЛАЗМЕННО-ХИМИЧЕСУ

Изобретение относится к плазменным аппаратам, предназначенным для проведения химических и физических превращений веществ в условиях низкотемпературной плазмы.

Известен плазменный аппарат с электрической дугой, вращающейся между коаксиальными охлаждаемыми электродами в магнитном поле солениоида. Через вращающуюся дугу подают обрабатываемые вещества.

В существующем аппарате высокотемпературная греющая зона, образованная вращающейся дугой, имеет небольшую протяженность и резко выраженную неоднородность температурного поля в перпендикулярном к дуге направлении. Поэтому время пребывания обрабатываемых веществ в высокотемпературном объеме и связанная с ним глубина превращения исходных материалов, особенно в порошкообразном виде, оказывается недостаточной. Кроме того, в условиях коррозионной среды электроды должны интенсивно охлаждаться во избежание их коррозии. Это приводит к необходимости осуществлять электродуговой разряд при повышенном напряжении или использовать расходные электроды. В условиях высоковольтного разряда подача на обработку материалов,

создающих большую проводимость, невозможно, так как это приводит к чрезмерному повышению тока, опасному как для электродов, так и для источника электрического тока. Использование расходных электродов создает возможность осуществления низковольтного разряда в парах материала электродов, однако носит очень частный характер применения.

Для создания объемной плазмы в предлагаемом плазменном аппарате катодом служит плазматрон, а анод имеет форму сопла Лаваля.

На чертеже представлен описываемый плазменный аппарат, разрез.

Он состоит из катода 1, анода 2, солениоида 3, закалочной камеры 4, вводов 5 исходных продуктов, корпуса 6 и вывода 7 целевых продуктов.

При работе аппарата плазма низковольтного разряда заполняет значительный объем и имеет геометрические размеры, определяемые соотношением  $H > 0,5D$ ,  $D > d$ , где  $H$  и  $D$  соответственно высота и диаметр (эквивалентный диаметр), занимаемый плазмой,  $d$  — диаметр сопла плазматрона.

Плазменный объем может иметь цилиндрическую, коническую или любую другую конфигурацию поверхности, ограничен-

ную вращением вокруг оси аппарата прямой или кривой (например, кривой, отвечающей профилю сопла Лавалля).

Размеры  $H$ ,  $D$  и  $d$  определяются из условий, зависящих в основном от производительности плазменного аппарата, рода плазмообразующего газа и свойств обрабатываемых материалов.

Низковольтный объемный разряд в плазменном аппарате возникает вследствие того, что пространство между холодными электродами 1 и 2 заполняется проводящим газом от плазматрона.

Когда напряженности электрического поля в столбе дуги плазматрона и в положительном пространстве объемного разряда между катодом и анодом станут одинаковыми, ток на анодную секцию плазматрона перестанет течь и электроны выйдут в пространство между электродами.

В объеме под действием скрещенных электрического и магнитного полей электроны начинают двигаться в азимутальном и радиальном направлениях, а так как время релаксации электронов в объеме значительно меньше времени ухода на анод, то электроны ионизируют газ, создавая условия проводимости между электродами.

При наличии в объеме обрабатываемых материалов поток электронов частично отдает свою энергию непосредственно на протекание процесса.

Когда напряженность электрического поля в положительном пространстве объемного разряда значительно больше напряженности в столбе дуги плазматрона, то холодный катод начинает ионизировать электроны, которые стекают с анодной секции плазматрона. Такой разряд можно ас-

социировать с разрядом между холодными электродами с той только разницей, что в указанных условиях разряд является низковольтным.

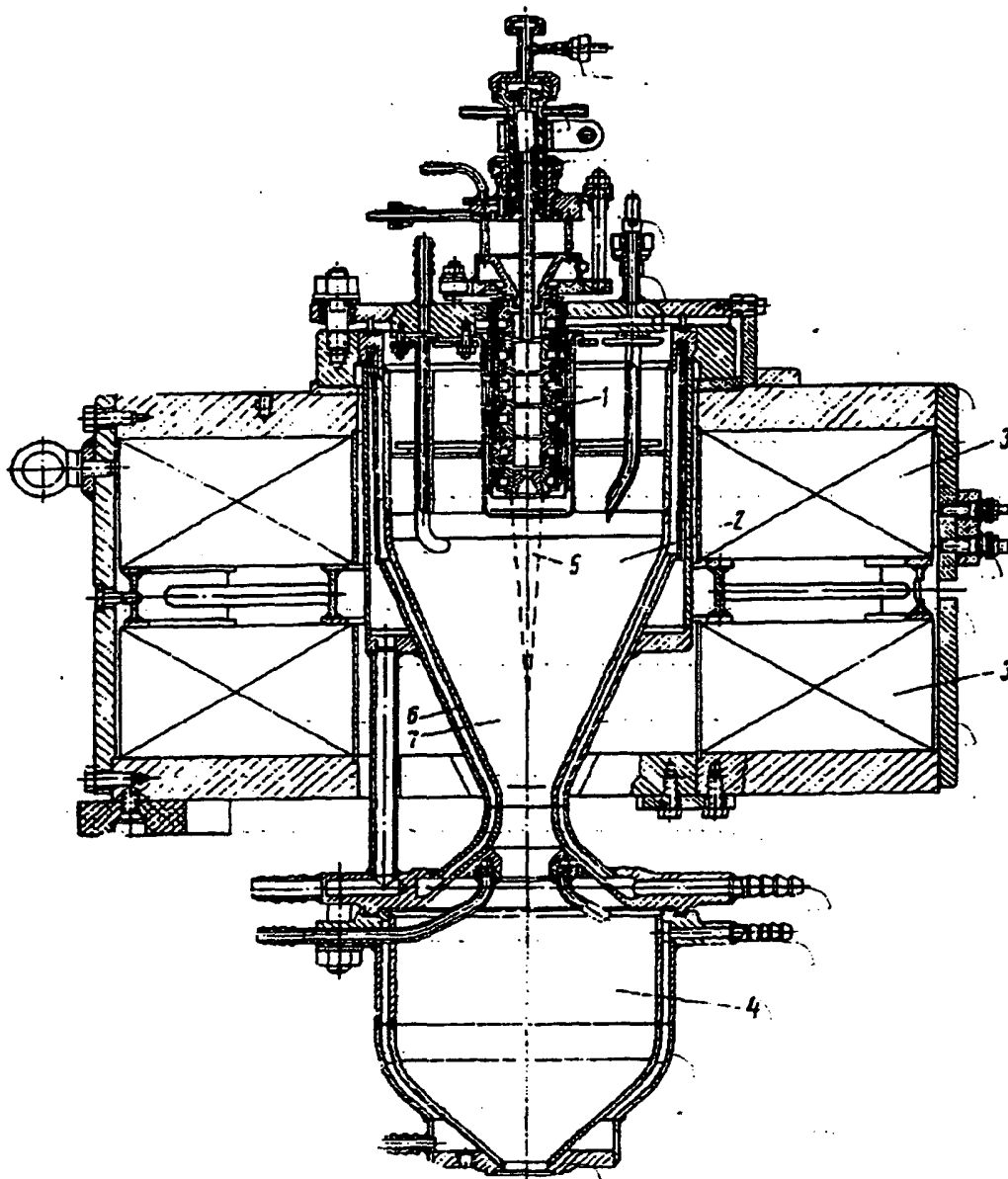
Особенностью движения частиц под действием скрещенных магнитного и электрического полей с осевой симметрией является зависимость скорости движения частиц плазмы от радиуса орбиты вращения. Такая зависимость способствует хаотизации вращательного движения за счет турбулентного перемешивания слоев плазмы, движущихся с различной скоростью.

Обрабатываемые вещества, подаваемые в плазму через вводы 5, увлекаются плазмой в движение, атомизируются и ионизируются, участвуя в механизме образования плазмы, изменяя ее электропроводность. При этом для физико-химических превращений используется не только тепловая энергия плазменного газа, но и энергия элементарных частиц (электронов, ионов). В результате возрастает эффективность обработки веществ, снижаются тепловые потери в электродах, улучшается энергетический КПД аппарата.

#### Формула изобретения

1. Плазменно-химический реактор для проведения химических реакций, включающий корпус, плазматрон, катод, анод, соленоид, закалочную камеру, ввод и вывод продуктов, отличающийся тем, что, с целью создания объемной плазмы, катодом служит плазматрон.

2. Реактор по п. 1, отличающийся тем, что анод имеет форму сопла Лавалля.



Редактор О. Филиппова      Техред А. Камышникова      Корректор Н. Федорова  
 Заказ 4117      Изд. № 161      Тираж 577      Подписное  
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5  
 Загорская типография Упр. полиграфиздата Мособлспецхоза

(72) Авторы  
изобретения

Н. А. Чесноков, Г. П. Стальмах, А. С. Сахнев  
и Н. Н. Рыкалин

(71) Заявитель

# (54) ПЛАЗМЕННО-ХИМИЧЕСКИЙ РЕАКТОР

Изобретение относится к плазменным аппаратам, предназначенным для проведения химических и физических превращений веществ в условиях низкотемпературной плазмы.

Известен плазменный аппарат с электрической дугой, вращающейся между коаксиальными охлаждаемыми электродами в магнитном поле солениода. Через вращающуюся дугу подают обрабатываемые вещества.

В существующем аппарате высокотемпературная греющая зона, образованная вращающейся дугой, имеет небольшую протяженность и резко выраженную неподородность температурного поля в перпендикулярном к дуге направлении. Поэтому время пребывания обрабатываемых веществ в высокотемпературном объеме и связанная с ним глубина превращения исходных материалов, особенно в порошкообразном виде, оказывается недостаточной. Кроме того, в условиях коррозионной среды электроды должны интенсивно охлаждаться во избежание их коррозии. Это приводит к необходимости осуществлять электродуговой разряд при повышенном напряжении или использовать расходуемые электроды. В условиях высоковольтного разряда подача на обработку материалов,

создающих большую проводимость, невозможна, так как это приводит к чрезмерному повышению тока, опасному как для электродов, так и для источника электрического тока. Использование расходуемых электродов создает возможность осуществления низковольтного разряда в парах материала электродов, однако носит очень частный характер применения.

Для создания объемной плазмы в предлагаемом плазменном аппарате катодом служит плазматрон, а анод имеет форму сопла Лаваля.

На чертеже представлен описываемый плазменный аппарат, разрез.

Он состоит из катода 1, анода 2, солениодного магнита 3, закалочной камеры 4, вводов 5 исходных продуктов, корпуса 6 и вывода 7 целевых продуктов.

При работе аппарата плазма низковольтного разряда заполняет значительный объем и имеет геометрические размеры, определяемые соотношением  $H > 0,5D$ ,  $D > d$ , где  $H$  и  $D$  соответственно высота и диаметр (эквивалентный диаметр), занимаемый плазмой,  $d$  — диаметр сопла плазматрона.

Плазменный объем может иметь цилиндрическую, коническую или любую другую конфигурацию поверхности, ограничен-

ную вращением вокруг си аппарата прямой или кривой (например, кривой, отвечающей профилю сопла Лавалля).

Размеры  $H$ ,  $D$  и  $d$  определяются из условий, зависящих в основном от производительности плазменного аппарата, рода плазмообразующего газа и свойств обрабатываемых материалов.

Низковольтный объемный разряд в плазменном аппарате возникает вследствие того, что пространство между холодными электродами 1 и 2 заполняется проводящим газом от плазматрона.

Когда напряженности электрического поля в столбе дуги плазматрона и в положительном пространстве объемного разряда между катодом и анодом станут одинаковыми, ток на анодную секцию плазматрона перестанет течь и электроны выйдут в пространство между электродами.

В объеме под действием скрещенных электрического и магнитного полей электроны начинают двигаться в азимутальном и радиальном направлениях, а так как время релаксации электронов в объеме значительно меньше времени ухода на анод, то электроны ионизируют газ, создавая условия проводимости между электродами.

При наличии в объеме обрабатываемых материалов поток электронов частично отдает свою энергию непосредственно на протекание процесса.

Когда напряженность электрического поля в положительном пространстве объемного разряда значительно больше напряженности в столбе дуги плазматрона, то холодный катод начинает имитировать электроны, которые стекают с анодной секции плазматрона. Такой разряд можно а-

социнировать с разрядом между холодными электродами с той только разницей, что в указанных условиях разряд является низковольтным.

5. Особенностью движения частиц под действием скрещенных магнитного и электрического полей с осевой симметрией является зависимость скорости движения частиц плазмы от радиуса орбиты вращения. Такая зависимость способствует хаотизации вращательного движения за счет турбулентного перемешивания слоев плазмы, движущихся с различной скоростью.

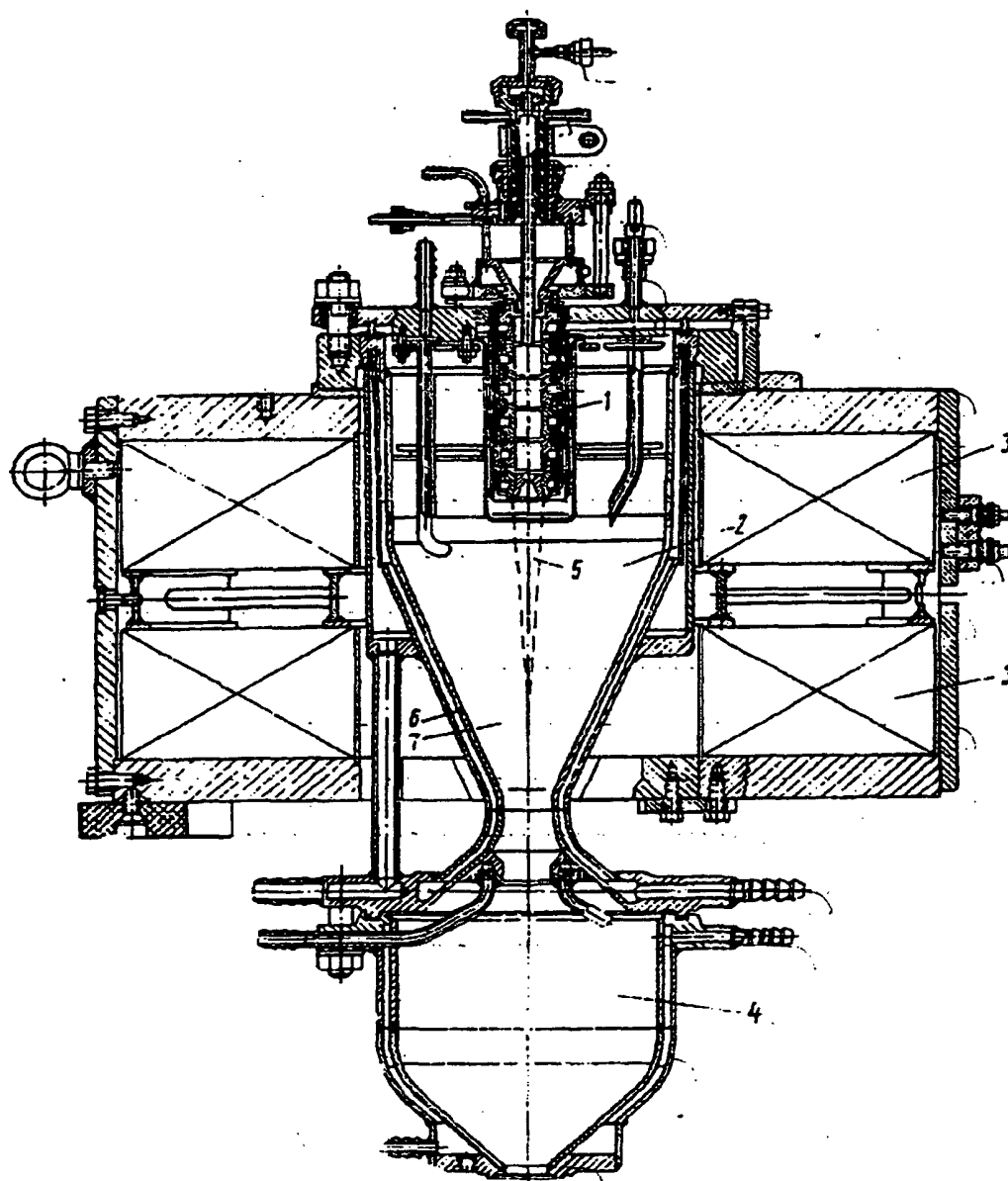
Обрабатываемые вещества, подаваемые в плазму через входы 5, увлекаются плазмой в движение, атомизируются и ионизируются, участвуя в механизме образования плазмы, изменяя ее электропроводность. При этом для физико-химических превращений используется не только тепловая энергия плазменного газа, но и энергия элементарных частиц (электронов, ионов). В результате возрастает эффективность обработки веществ, снижаются тепловые потери в электродах, улучшается энергетический КПД аппарата.

#### Формула изобретения

- 30 1. Плазменно-химический реактор для проведения химических реакций, включающий корпус, плазматрон, катод, анод, сопло, закалочную камеру, ввод и вывод продуктов, отличающийся тем, что, с целью создания объемной плазмы, катодом служит плазматрон.
- 35 2. Реактор по п. 1, отличающийся тем, что анод имеет форму сопла Лавалля.



223055



Редактор О. Филиппова Техред А. Камышникова Корректор Н. Федорова

Заказ 4117

Изд. № 161

Тираж 577

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
по делам изобретений и открытий  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Загорская типография Упрполиграфиздата Мособлспецкома